Münster 1935 No 18 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

Zur Kenntnis des Antagonismus von Calcium und Magnesium (Phosphatstoffwechsel)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von

Heinrich Stumborg
Zahnarzt
aus Borken / Westf.

1935

Gedruckt in der Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Prof. Dr. Klinge

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Meinen lieben Eltern und meiner lieben Schwester
in Dankbarkeit gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555428_0088

Zur Kenntnis des Antagonismus von Calcium und Magnesium (Phosphatstoffwechsel).

Bekanntlich werden die lähmenden Wirkungen des Magnesiums auf die Muskelerregbarkeit und auf das Zentralnervensystem durch einen Ueberschuß von Calcium vollkommen aufgehoben. Das Calcium ist also ein Antagonist des Magnesiums. In einigen Arbeiten aus dem hiesigen Institut ließ sich an Hand von Versuchen über den Gewebsstoffwechsel ein Antagonismus zwischen Calcium und Magnesium auffinden, so z. B. von Niermann[1]) für die oxydativen Zelleistungen von überlebendem Gewebe und Corves[2]) an den Dehydrierungsvorgängen. Der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist, diese Befunde an weiteren Zelleistungen zu untersuchen. Es handelt sich hier um die Beeinflussung des Phosphatstoffwechsels und zwar um die Wirkung der beiden Erdalkalien auf das Vermögen von tierischem Gewebe, organische Phosphorsäuren zu zerlegen und aufzubauen. Die Versuche wurden in der im Institut üblichen Versuchsanordnung ausgeführt.

Versuchsserie I.

Nach den Versuchen von L. Koch[3]) weichen die einzelnen Gewebe des Organismus in ihrem Gehalt an wirksamen Phosphatasen stark voneinander ab. Phosphatasen finden sich in allen Geweben. Hexosediphosphorsäure wird besonders stark durch Skelettmuskel, Leber und Niere gespalten; Glyzerinphosphorsäure dagegen durch alle Organe in geringem Umfang. Eine Ausnahme bildet die Niere, die beide organischen Phosphorsäuren in annähernd dem gleichen Umfang zerlegt.

---

[1]) Niermann: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.
[2]) Corves: ebenda 1935.
[3]) Koch, L.: Inaugural-Dissertation, Münster, 1933.

In den folgenden Versuchen wurde die Einwirkung von Calcium- und Magnesiumchlorid auf das Phosphatabspaltungsvermögen der Niere untersucht. Es wurde zunächst die Wirkungsweise der beiden alkalischen Erden bestimmt und sodann geprüft, in welcher Weise sich der Einfluß der beiden Erdalkalien bei gleichzeitiger Anwendung auswirkt. Da die Menge der im Blutplasma anwesenden Calciumionen zu den Magnesiumionen in einem bestimmten Verhältnis steht, entsprechend einem Gehalt von 0,25 ‰ $CaCl_2$ bzw. 0,150 ‰ $MgCl_2$, wurde fernerhin das Mischungsverhältnis von Calcium zu Magnesium in einer weiteren Versuchsserie verändert. Die wirksamen Calcium- bzw. Magnesiumkonzentrationen entsprechen hier den in dem Blutserum vorliegenden Konzentrationen. Das Mischungsverhältnis 1,2 $CaCl_2$: 0,8 $MgCl_2$ entspricht einem physiologischen Verhältnis der beiden Verbindungen, wie es im Blutserum vorhanden ist. Die Versuchsergebnisse sind in den Versuchen 1—4 wiedergegeben.

Tabelle 1.
Niere (Rind)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz gegenüber dem Kontrollversuch : %			
	Mg	Ca	Mg + Ca	Mg	Ca	Mg + Ca gefunden	Mg + Ca theoret.
Direkter Versuch	44						
Nullversuch	71						
Kontrollversuch	141			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	137	135	138	— 4	— 6	— 3	—10
$0{,}2.10^{-6}$	132	128	129	— 9	—13	—12	—22
$0{,}2.10^{-5}$	132	125	128	— 9	—16	—13	—25
$0{,}2.10^{-4}$	138	125	126	— 3	—16	—15	—19
$0{,}2.10^{-3}$	143	121	121	+ 2	—21	—21	—19
$0{,}2.10^{-2}$	152	111	112	+11	—31	—30	—20

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, wird die Zerlegung der Hexosediphosphorsäure durch Nierengewebe durch Calciumchlorid in sämtlichen von uns benutzten Konzentrationen verzögert. Die stärkste Hemmung liegt bei der höchsten Konzentration. Die Hemmung läßt erst mit fallender Konzentration nach, ist aber bei der stärksten von uns verwandten Verdünnung von $0{,}20.10^{-7}$ noch nachweisbar. Bei der physiologischen Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ ist die Phosphatabspaltung durch Calciumchlorid

Tabelle 2.
Niere (Rind)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkter Versuch	—	—	48	—	—
Nullversuch	—	—	69	21	—
Kontrollversuch	—	—	143	95	+—0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	128	80	—16%
2,0 : 0,0	0,40	0,0	125	77	—19
1,8 : 0,2	0,36	0,04	128	80	—16
1,6 : 0,4	0,32	0,08	133	85	—10
1,4 : 0,6	0,28	0,12	136	88	— 7
1,2 : 0,8	0,24	0,16	138	90	— 5
1,0 : 1,0	0,20	0,20	138	90	— 5
0,8 : 1,2	0,16	0,24	138	90	— 5
0,6 : 1,4	0,12	0,28	145	97	+ 2
0,4 : 1,6	0,08	0,32	148	100	+ 5
0,2 : 1,8	0,04	0,36	151	103	+ 8
0,0 : 2,0	0,0	0,40	154	106	+12
0,0 : 1,0	0,0	0,20	151	103	+ 8

Tabelle 3.
Niere (Rind)
Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz gegenüber dem Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg + Ca	Mg	Ca	Mg + Ca gefunden	Mg + Ca theoret.
Direkter Versuch	49						
Nullversuch	68						
Kontrollversuch	123			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	121	120	121	— 3	— 4	— 3	— 7
$0{,}2.10^{-6}$	119	119	133	— 5	— 5	+14	—10
$0{,}2.10^{-5}$	122	114	128	— 1	—12	+ 7	—13
$0{,}2.10^{-4}$	125	112	123	+ 3	—15	+—0	—12
$0{,}2.10^{-3}$	129	109	118	+ 8	—19	— 7	—11
$0{,}2.10^{-2}$	140	108	111	+23	—20	—16	+ 3

Tabelle 4.

Niere (Rind)

Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkter Versuch			50		
Nullversuch			71	21	
Kontrollversuch			121	71	±0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	111	61	−14
2,0 : 0,0	0,40	0,0	105	55	−22
1,8 : 0,2	0,36	0,04	111	61	−14
1,6 : 0,4	0,32	0,08	116	66	− 7
1,4 : 0,6	0,28	0,12	116	66	− 7
1,2 : 0,8	0,24	0,16	117	67	− 6
1,0 : 1,0	0,20	0,20	118	68	− 4
0,8 : 1,2	0,16	0,24	119	69	− 3
0,6 : 1,4	0,12	0,28	119	69	− 3
0,4 : 1,6	0,08	0,32	119	69	− 3
0,2 : 1,8	0,04	0,36	125	75	− 6
0,0 : 2,0	0,0	0,40	133	83	+17
0,0 : 1,0	0,0	0,20	133	83	+17

um rund 14 % verringert. Die Magnesiumwirkung ist in höheren Konzentrationen der Calciumwirkung entgegengesetzt und besteht in einer Steigerung der Phosphatabspaltung, die am stärksten bei der höchsten Konzentration ist. Bei dem normalen Magnesiumgehalt ist die Phosphatabspaltung leicht angeregt. In stärkeren Verdünnungen wirken Calcium und Magnesium nahezu gleich : sie hemmen die Esterspaltung. Kommen beide Erdalkalien gleichzeitig zur Wirkung, so ist im allgemeinen der Gesamteffekt der Calciumwirkung gleich, und die Magnesiumwirkung wird bei Calciumgegenwart unterdrückt. Man kann daraus einen Antagonismus des Calciums gegen das Magnesium herauslesen. Verschlechtern beide Salze die Zerlegung der Hexosediphosphorsäure, so entsteht eine Gesamtwirkung, die weit unter der Summe der Teilwirkung liegt. Beim Versuch 1 haben Calcium wie Magnesiumchlorid bei der Konzentration von $0{,}2.10^{-6}$ die abgespaltenen Phosphorwerte um 13 % bzw. 9 % gesenkt, sodaß man bei additiver Wirkung eine Senkung um 22 % erwarten sollte; statt

dessen hat das Calcium die Magnesiumwirkung nahezu aufgehoben, indem die Hemmung nur 12 % ausmacht. In höheren Konzentrationen ist bereits dieser Antagonismus nicht in allen Fällen nachweisbar. Im Versuch 1 schlägt bei den Konzentrationen $0{,}2.10^{-3}$ und $0{,}2.10^{-2}$ die Calciumwirkung durch; die Magnesiumwirkung, unter der die Phosphatabspaltung angeregt ist, ist vollkommen ausgeschaltet.

Besonders deutlich kommt der Antagonismus von Calcium zu Magnesium in den Versuchen der Tabelle 2 heraus, in der das Mischungsverhältnis des Calciums zum Magnesium verändert wurde. Das Calciumchlorid für sich allein hat die Phosphatabspaltung verschlechtert, das Magnesiumchlorid dagegen verbessert. Beim Mischungsverhältnis 0,6 $CaCl_2$ zu 1,4 $MgCl_2$ werden Phosphatwerte gefunden, wie sie im Kontrollversuch ohne Zusatz der beiden Erdalkalien gefunden werden. Beim normalen Mischungsverhältnis von 1,2 $CaCl_2$ zu 0,8 $MgCl_2$ ist die Zerlegung der Hexosediphosphorsäure nur ganz wenig verschlechtert (5 %). Die Zerlegung der Glyzerinphosphorsäure durch Nierengewebe wird durch Calciumchlorid mit ansteigender Konzentration verschlechtert, durch Magnesium dagegen verbessert. Die Wirkungskurve der beiden Erdalkalien ist also entgegengesetzt. Beim Zusammenwirken von Calcium- und Magnesiumchlorid wird die Magnesiumwirkung durch Calcium vollkommen aufgehoben. Selbst wenn beide Verbindungen wie im Versuch 3 im Konzentrationsbereich $0{,}2.10^{-6}$ bis $0{,}2.10^{-4}$ die Phosphatabspaltung verschlechtern, sodaß eine verstärkte Hemmung auftreten müßte, ist trotzdem die Phosphatabspalung beschleunigt. Besonders deutlich zeigt sich dies Verhalten im Versuch 3 bei der Konzentration $0{,}2.10^{-6}$. Calcium und Magnesium sind hier annähernd wirkungslos. Beim Zusammenwirken tritt eine Steigerung von 14 % auf. Bei der Konzentration $0{,}2.10^{-3}$ zeigt sich ein voller Antagonismus von Calcium zu Magnesium. Bei der Konzentration $0{,}2.10^{-2}$ dagegen überwiegt vollkommen die Calziumwirkung; die Magnesiumwirkung ist ausgeschaltet.

Wie aus der Tabelle 4 zu entnehmen ist, ist beim normalen Verhältnis 1,2 $CaCl_2$: 0,8 $MgCl_2$ die Phosphatabspaltung leicht verzögert, wie das auch für den Hexosediphophorsäureversuch in der Tabelle 2 der Fall ist. Wir dürfen aus diesen Versuchen folgern, daß die Tätigkeit der Nierenphosphatasen bei einem normalen Calcium- und Magnesiumgehalt des Blutes leicht vermindert ist. Ein Antagonismus findet sich bei den Mischungen von 1,4 $CaCl_2$ + 0,6 $MgCl_2$ bis zu 0,4 $CaCl_2$ + 1,6 $MgCl_2$.

Versuchsserie II.

Die Phosphatasen der Leber verhalten sich den alkalischen Erden gegenüber wesentlich anders wie die Phosphatasen der Niere (Tabellen 5—8).

Entgegengesetzt zur Niere wird die Zerlegung der Hexosediphosphorsäure und Glyzerinphosphorsäure selbst durch hohe Calciumchloridkonzentrationen nicht herabgesetzt, sondern vielmehr gefördert. Hemmungswirkungen treten weder durch Calcium noch durch Magnesium auf. Falls überhaupt Einwirkungen feststellbar sind, so bestehen sie in einer Förderung der Phosphatabspaltung bei beiden Phosphorsäuren. Das Calcium erweist sich sogar dem Magnesium an Wirksamkeit überlegen.

Tabelle 5.
Leber (Kaninchen)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz zum Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg + Ca	Mg	Ca	Mg + Ca gefunden	Mg + Ca theoret.
Direkter Versuch Nullversuch Kontrollversuch	57 97 206			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	209	226	226	+ 2	+14	+14	+16
$0{,}2.10^{-6}$	205	223	224	— 1	+11	+12	+10
$0{,}2.10^{-5}$	216	226	232	+ 7	+14	+18	+21
$0{,}2.10^{-4}$	216	226	232	+ 7	+14	+18	+21
$0{,}2.10^{-3}$	224	229	232	+12	+16	+18	+28
$0{,}2.10^{-2}$	226	232	234	+14	+17	+19	+31

Wenn beide Erdalkalien gleichzeitig zur Wirkung kommen, so ergibt sich besonders deutlich für die Zerlegung der Hexosediphosphorsäure ein glatter Synergismus der beiden Verbindungen. Die Calciumwirkung addiert sich zur Magnesiumwirkung und hebt sich nicht wie in den Nierenversuchen auf.

In den Glyzerinphosphatversuchen dagegen ist ein Antagonismus des Calciums zum Magnesium nachweisbar. Die gefundenen Phosphatwerte liegen in allen Fällen unter den Phosphatwerten bei additiver Wirkung. Beide Stoffe haben die Tätigkeit

Tabelle 6.
Leber (Rind)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkter Versuch			53		
Nullversuch			59	6	
Kontrollversuch			160	107	+—0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	160	107	+—0
2,0 : 0,0	0,40	0,0	158	105	— 2
1,8 : 0,2	0,36	0,04	160	107	+—0
1,6 : 0,4	0,32	0,08	160	107	+—0
1,4 : 0,6	0,28	0,12	160	107	+—0
1,2 : 0,8	0,24	0,16	163	110	+ 3
1,0 : 1,0	0,20	0,20	167	114	+ 7
0,8 : 1,2	0,16	0,24	167	114	+ 7
0,6 : 1,4	0,12	0,28	167	114	+ 7
0,4 : 1,6	0,08	0,32	170	117	+ 9
0,2 : 1,8	0,04	0,36	174	121	+ 13
0,0 : 2,0	0,0	0,40	174	121	+ 13
0,0 : 1,0	0,0	0,20	170	117	+ 9

Tabelle 7.
Leber (Kaninchen)
Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz zum Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg+Ca	Mg	Ca	Mg+Ca gefunden	Mg+Ca theoret.
Direkt	57						
Nullversuch	99						
Kontrollversuch	195			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	198	219	210	+ 2	+17	+11	+19
$0{,}2.10^{-6}$	198	214	207	+ 2	+14	+ 9	+16
$0{,}2.10^{-5}$	202	206	205	+ 5	+ 8	+ 7	+13
$0{,}2.10^{-4}$	203	203	202	+ 6	+ 6	+ 5	+12
$0{,}2.10^{-3}$	206	202	202	+ 8	+ 5	+ 5	+13
$0{,}2.10^{-2}$	210	198	210	+11	+ 2	+11	+13

Tabelle 8.

Leber (Rind)

Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkt			53		
Nullversuch			59	6	
Kontrollversuch			127	74	±0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	125	72	− 3
2,0 : 0,0	0,40	0,0	125	72	− 3
1,8 : 0,2	0,36	0,04	127	74	±0
1,6 : 0,4	0,32	0,08	127	74	±0
1,4 : 0,6	0,28	0,12	127	74	±0
1,2 : 0,8	0,24	0,16	127	74	±0
1,0 : 1,0	0,20	0,20	128	75	+ 1
0,8 : 1,2	0,16	0,24	136	83	+ 12
0,6 : 1,4	0,12	0,28	138	85	+ 15
0,4 : 1,6	0,08	0,32	138	85	+ 15
0,2 : 1,8	0,04	0,36	138	85	+ 15
0,0 : 2,0	0,0	0,40	143	90	+ 22
0,0 : 1,0	0,0	0,20	140	87	+ 18

der Glyzerinphosphatase angeregt. Die Wirksamkeit ist aber bei gleichzeitigem Zusatz nicht weiter gesteigert, sondern abgeschwächt.

Beim wechselnden Mischungsverhältnis von Calcium zu Magnesium überwiegt beim erhöhten Calciumgehalt die Calciumwirkung, beim erhöhten Magnesiumgehalt die Magnesiumwirkung. Bei einem physiologischen Mischungsverhältnis von 1,2 $CaCl_2$: 0,8 $MgCl_2$ ist die Wirksamkeit beider Leberphosphatasen unverändert; sie würde beim erhöhten Magnesiumgehalt angeregt sein, beim erhöhten Calciumgehalt dagegen unverändert bleiben.

Versuchsserie III.

Auf die Hydrolyse der Hexosediphosphorsäure im Skelettmuskelgewebe wirkt Magnesiumchlorid in förderndem Sinne ein (Tabelle 9). Die Wirkung nimmt mit der Konzentration zu. Calciumsalze wirken umgekehrt. Sie hemmen besonders in höheren

Konzentrationen die Phosphatabspaltung sehr stark. Bei der mittleren Verdünnung $0{,}2.10^{-5}$ ist das Calciumchlorid unwirksam. Beim Zusammenwirken beider Erdalkalien überwiegt vollkommen die Calciumwirkung. Der fördernde Einfluß von Magnesium ist vollkommen verschwunden.

Bei einem physiologischen Mischungsverhältnis Ca : Mg = 1,2 : 0,8 wird eine Phosphatabspaltung gefunden, die einem Kontrollversuch ohne Zusatz der Salze entspricht (Tabelle 10). Es besteht hier also ein vollkommener Antagonismus von Calcium zu Magnesium. Gleiches Verhalten finden wir auch bei der Phosphatabspaltung durch Glyzerinphosphat.

Tabelle 9.
Muskel (Kaninchen)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz zum Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg+Ca	Mg	Ca	Mg+Ca gefunden	Mg+Ca theoret.
Direkt	144						
Nullversuch	157						
Kontrollversuch	232			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	229	224	231	— 3	— 9	— 1	—12
$0{,}2.10^{-6}$	227	227	224	— 6	— 6	— 9	—12
$0{,}2.10^{-5}$	234	235	229	+ 2	+ 3	— 3	+ 5
$0{,}2.10^{-4}$	235	217	220	+ 3	—17	—14	—14
$0{,}2.10^{-3}$	241	217	220	+10	—17	—14	— 7
$0{,}2.10^{-2}$	241	208	211	+10	—27	—24	—17

Die Phosphatabspaltung aus Glyzerinphosphat wird durch stärkere Verdünnungen von Calciumchlorid gefördert und selbst durch die höchsten Konzentrationen nicht nennenswert gehemmt. Magnesiumsalze fördern in allen Konzentrationen; am schwächsten in mittleren Verdünnungen. Wirken beide Salze zusammen, so treten Phosphatwerte auf, die ungefähr in der Mitte der Calcium- und Magnesiumwerte liegen. Die fördernde Wirkung des Magnesiumchlorids ist bei der Konzentration $0{,}2.10^{-3}$ und $0{,}2.10^{-2}$ durch Calciumchlorid aufgehoben.

Tabelle 10.
Muskel (Rind)
Hexosediphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10-3		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkt			130		
Nullversuch			178	48	
Kontrollversuch			296	166	+—0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	260	130	— 22
2,0 : 0,0	0,40	0,0	256	126	— 24
1,8 : 0,2	0,36	0,04	266	136	— 18
1,6 : 0,4	0,32	0,08	286	156	— 6
1,4 : 0,6	0,28	0,12	288	158	— 5
1,2 : 0,8	0,24	0,16	294	164	— 1
1,0 : 1,0	0,20	0,20	296	166	+—0
0,8 : 1,2	0,16	0,24	308	176	+ 7
0,6 : 1,4	0,12	0,28	308	176	+ 7
0,4 : 1,6	0,08	0,32	308	176	+ 7
0,2 : 1,8	0,04	0,36	308	176	+ 7
0,0 : 2,0	0,0	0,40	314	184	+ 11
0,0 : 1,0	0,0	0,20	308	176	+ 7

Tabelle 11.
Muskel (Kaninchen)
Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Abspaltung, Differenz zum Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg + Ca	Mg	Ca	Mg + Ca gefunden	Mg + Ca theoret.
Direkt	131						
Nullversuch	143						
Kontrollversuch	174			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	182	180	182	+ 19	+14	+ 19	+33
$0{,}2.10^{-6}$	180	184	182	+ 14	+23	+ 19	+37
$0{,}2.10^{-5}$	176	184	182	+ 5	+23	+ 19	+28
$0{,}2.10^{-4}$	174	178	176	+—0	+ 9	+ 5	+ 9
$0{,}2.10^{-3}$	180	170	174	+ 14	— 9	+—0	+ 5
$0{,}2.10^{-2}$	182	169	172	+ 19	—12	— 5	+ 7

Tabelle 12.

Muskel (Rind)

Glyzerinphosphat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Abspaltung	P-Abspaltung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkt			126		
Nullversuch			186	60	
Kontrollversuch			250	124	±0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	244	118	— 5
2,0 : 0,0	0,40	0,0	242	116	— 6
1,8 : 0,2	0,36	0,04	244	118	— 5
1,6 : 0,4	0,32	0,08	244	118	— 5
1,4 : 0,6	0,28	0,12	248	122	— 1
1,2 : 0,8	0,24	0,16	250	124	±0
1,0 : 1,0	0,20	0,20	250	124	±0
0,8 : 1,2	0,16	0,24	250	124	±0
0,6 : 1,4	0,12	0,28	254	128	+ 3
0,4 : 1,6	0,08	0,32	260	134	+ 8
0,2 : 1,8	0,04	0,36	266	140	+ 13
0,0 : 2,0	0,0	0,40	272	146	+ 18
0,0 : 1,0	0,0	0,20	270	144	+ 16

Versuchsserie IV.

In den bisher beschriebenen Versuchen wurde die Einwirkung der Erdalkalien auf die Spaltung der Phosphorsäure untersucht. Es soll nunmehr die Bildung von organischer Phosphorsäure behandelt werden, die sichtbar gemacht werden kann, wenn die Aufspaltung der gebildeten Ester gehemmt wird. Um die Veresterung zu beschleunigen, wurde den Versuchen anorganisches Phosphat (200 mg %) zugesetzt. Die im allgemeinen zur Hemmung der Esterspaltung benutzten Salze der Oxalsäure und Fluorwasserstoffsäure können zu unseren Versuchen nicht verwendet werden, weil sie mit Calciumsalzen unlösliche Fällungen geben. Als ein Mittel, das die Esterspaltung hemmt, kam nur Citrat in Frage (Natriumsalz), da seine Erdalkalisalze wasserlöslich sind. Unter der Citratwirkung verschwindet ein Teil des anorganischen Phosphates unter Bildung von Hexosephosphorsäureestern.

Tabelle 13.
Muskel (Kaninchen)
Citrat

Versuchsanordnung	mg % P			P-Veresterung. Differenz zum Kontrollversuch: %			
	Mg	Ca	Mg + Ca	Mg	Ca	Mg + Ca gefunden	Mg + Ca theoret.
Direkt	133						
direkt Phosphat	333						
Nullversuch	143						
Kontrollversuch	278			+—0	+—0	+—0	+—0
$0{,}2.10^{-7}$	281	281	283	— 5	— 5	— 9	—10
$0{,}2.10^{-6}$	277	276	291	+ 2	+ 3	—23	+ 5
$0{,}2.10^{-5}$	286	283	294	—14	— 9	—29	—23
$0{,}2.10^{-4}$	291	289	299	—24	—20	—38	—44
$0{,}2.10^{-3}$	292	310	305	—24	—58	—49	—82
$0{,}2.10^{-2}$	314	320	317	—65	—76	—71	0

Tabelle 14.
Muskel (Rind)
Citrat

Versuchsanordnung	Konzentration 10^{-3}		mg % P	mg % P-Veresterung	P-Veresterung Differenz zum Kontrollvers.: %
	$CaCl_2$	$MgCl_2$			
Direkt			64		
direkt Phosphat			264		
Nullversuch			90	26	
Kontrollversuch			219	45	+—0
$CaCl_2$: $MgCl_2$					
1,0 : 0,0	0,20	0,0	224	40	— 7
2,0 : 0,0	0,40	0,0	222	42	—11
1,8 : 0,2	0,36	0,04	226	38	—15
1,6 : 0,4	0,32	0,08	227	37	—18
1,4 : 0,6	0,28	0,12	230	34	—24
1,2 : 0,8	0,24	0,16	230	34	—24
1,0 : 1,0	0,20	0,20	230	34	—24
0,8 : 1,2	0,16	0,24	233	31	—31
0,6 : 1,4	0,12	0,28	235	29	—35
0,4 : 1,6	0,08	0,32	235	29	—35
0,2 : 1,8	0,04	0,36	240	24	—47
0,0 : 2,0	0,0	0,40	245	19	—58
0,0 : 1,0	0,0	0,20	240	24	—47

Wie aus den Tabellen der Versuche 13 und 14 hervorgeht, verschlechtern beide Erdalkalisalze die Bildung der organischen Phosphorsäure und zwar zunehmend mit ansteigender Konzentration. Sie heben sie bei der Konzentration $0{,}2.10^{-2}$ fast vollkommen auf. Beim Zusammenwirken von Calcium- und Magnesiumsalzen addiert sich die Calciumwirkung zur Magnesiumwirkung; in höheren Konzentrationen dagegen bleibt die Gesamtwirkung hinter der Additionswirkung zurück. Bei gleichzeitigem Zusammenwirken von Calcium- und Magnesiumchlorid in wechselndem Verhältnis ergibt sich bei keinem Mischungsverhältnis ein Antagonismus, wie wir ihn bei der Zerlegung der organischen Phosphorsäuren immer wieder gesehen haben. Da in unseren Versuchen die Phosphatveresterung nur gering ist, so können aus diesen Versuchen keine Rückschlüsse auf den Einfluß der Erdalkalien auf den Glykogenabbau gezogen werden, der ja bekanntlich über die Phosphorsäureester geht.

Zusammenfassung.

Es wurde das Zusammenwirken von Calcium- und Magnesiumchlorid auf die Spaltung von Hexosediphosphorsäure und Glyzerinphosphorsäure durch tierisches Gewebe untersucht. Es läßt sich der Nachweis führen, daß das Calcium ein Antagonist des Magnesiums ist. Calciumsalze hemmen in höheren Konzentrationen, wie sie im Blut vorliegen, die Phosphatabspaltung; Magnesiumsalze dagegen regen sie an. In einem bestimmten Mischungsverhältnis von Calcium zu Magnesium, das für gewöhnlich bei einem Verhältnis von 4 Mg zu 9 Ca liegt, ist der fördernde Einfluß des Magnesiums durch Calcium aufgehoben.

Lebenslauf.

Am 20. 9. 1911 wurde ich als Sohn des Postinspektors Heinrich Stumborg in Borken i. Westf. geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule, besuchte ich die Rektoratschule zu Borken, an der ich Ostern 1928 mein Einjährigen-Examen bestand. Dann war ich 3 Jahre auf dem städtischen Gymnasium und Realgymnasium in Bocholt i. Westf. und legte dort Ostern 1931 die Reifeprüfung ab. Ich widmete mich dem Studium der Zahnheilkunde an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster und bestand die zahnärztliche Vorprüfung nach drei Semestern im Herbst 1932 und die zahnärztliche Staatsprüfung im Wintersemester 1934/35 nach weiterem viersemestrigen Studium.

Heinrich Stumborg.